Estratto dagli Atti dei Georgofili
Nuova Serie, T. XIV, Disp. 2ª

Breve relazione del libro Sul moto ondoso del mare, *del Comm* Alessandro Cialdi, *Socio corrispondente*; *letta nell'adunanza ordinaria del* 24 *febbraio* 1867, *dal Socio ordinario* Felice Francolini.

È qualche mese che per incarico dell'illustre Socio corrispondente commendatore Alessandro Cialdi avrei dovuto presentarvi un suo nuovo libro *sul moto ondoso del mare e sulle correnti di esso* edito a Roma nel decorso anno. Voi vorrete scusarmi del ritardo causato in parte dalle nostre ferie, ma principalmente dal desiderio di potervi dire ciò che di nuovo e di pregevole quel libro contiene, dopo averlo con qualche agio esaminato. A che o veramente sarei stato spinto anco se non avessi conosciuto, per più prove, il merito distintissimo del nostro corrispondente; e lo sarei stato dal vederlo ritornato per la terza volta sullo stesso argomento con sempre maggior copia di osservazioni, di studi, e di solidissime argomentazioni; oggi che da studi veramente seri e profondi la maggior parte rifugge, e si contenta troppo facilmente di quel poco che può dare la lettura dei giornali, dei dizionari e delle raccolte di un milione di fatti. Ora che ho esaminato il libro, specialmente in quella parte che più da vicino interessa l'ingegnere

idraulico, non imprendo a farne un riassunto. L'autore lo ha già fatto lucidamente dalla pagina 535 alla 537 E neppure mi propongo di farne l'elogio, giacchè la mia debole voce nulla potrebbe aggiungere che lusingasse l'Autore, dopo la relazione dei chiarissimi professori Niccola Cavalieri San Bertolo, Paolo Volpicelli, Giuseppe Pozzi e P. Angiolo Secchi; dopo quanto ne riferiva all'Istituto Imperiale di Francia l'illustre M De Tessan, dopo quanto ne hanno detto accreditati giornali. Mio intendimento è di palesare la mia persuasione completa circa il fatto che forma lo scopo essenziale del libro, mentre in addietro alcun poco ne dubitai, trattenuto, com'era, dal merito d'illustri contradittori. Ed è inoltre di porre in rilievo, se sarò da tanto, la importanza delle verità sperimentali del commendatore Cialdi messe nella più chiara luce, non che la utilità massima delle applicazioni ch'ei vorrebbe prontamente attuate.

Scopo essenziale del libro è provare che la direzione delle foci dei fiumi in mare, che le corrosioni, e le protrazioni delle spiagge, che lo insabbiamento dei porti e delle opere destinate ad impedirlo, dipendono principalmente dall'azione dei flutti e secondariamente da quella della corrente littoranea, o moto radente la quale deve ritenersi più che altro efficace quando la sua direzione collima con quella dei venti regnanti e dominanti sopra una data spiaggia. Essere per conseguenza erronea la opposta teoria messa in campo dal Montanari e da molti distinti idraulici fin qui seguitata, che, cioè, i suddetti fenomeni di direzione, di erosione o di riempimento, esclusivamente dipendono dalle correnti.

Per raggiungere il suo scopo, l'Autore incomincia dal classare per nazionalità le opinioni che sonosi manifestate *sulla costituzione delle onde e sugli effetti di esse*, e questo forma il soggetto del primo capitolo — Nel se-

condo e nel terzo tratta dell'altezza, lunghezza e velocità delle onde nell' Oceano e nel Mediterraneo ponendo in sodo *che l'azione sensibile dell'onde si limita a circa* 300 *metri di profondità nell'Oceano e a* 150 *metri nel Mediterraneo. Resultando dalle osservazioni fatte sulle ghirlande dei terreni avventizi*, che a 200 metri di profondità nell'Oceano e ad 80 nel Mediterraneo le onde non solo smuovono e vagliano i materiali del fondo, da cui quei terreni sono costituiti; ma li triturano ancora. Questo fatto, dedotto da osservazioni accuratissime sui materiali costituenti le suddette *ghirlande*, è confermato da giudiziose esperienze eseguite con il concorso del P. Secchi sul coloramento dell' acqua marina, dalle quali è condotto a concludere che a 45 metri di profondità li oggetti diventano indiscernibili. Applica questo resultato al coloramento delle acque notato sul banco dell'*Agullas* posto in 200 metri di profondità, e ne deduce che quel coloramento non può essere un effetto di ottica, ma è un intorbidamento dipendente dall'azione delle onde sulle materie del fondo.

È destinato il quarto capitolo a dimostrare, mercè moltiplici notizie di fatto convalidate da testimonianze autorevoli, la esistenza effettiva del moto di traslazione, concomitante al moto ondoso in tempo di burrasche, moto di traslazione poco efficace in alto mare, ed assai vivo prossimamente al littorale del Mediterraneo e dell'Oceano.

Il quinto capitolo pone fine all'opera, e viene direi quasi come corollario delle cose premesse nei primi quattro. Egli è quello che più da vicino interessa le costruzioni marittime.

L'Autore incomincia dal dimostrare che nel Mediterraneo la corrente prodotta dalla *marea* non porta effetti dannosi, ma utili, dacchè l'arte se ne giovò per espurgare i porti col meccanismo delle chiuse, abba-

stanzo divulgato per non trattenersi a descriverlo. Passa quindi ad occuparsi della corrente littoranea o moto radente « Dessa ha origine, egli dice, nello stretto di « Gibilterra per le acque che vi entrano dall'Oceano e « scorrendo la Barberia, l'Egitto, l'Asia Minore e la « Grecia, si avanza nell'Adriatico sulla sponda illirica « per uscir poi per quella italiana. E continuando il suo « giro visita il resto della Penisola, la Francia meri-« dionale e pone fine al suo corso in Ispagna presso a « poco nel punto donde ebbe principio. A chi la osservi « in Gibilterra si presenta manifesta e rapida; ma va « decrescendo poi di vigore coll'allontanarsene; cosic-« chè nei nostri lidi è poco energica » Dessa defluisce da sinistra o destra, per chi guardi il mare dalla spiaggia, movendo colla velocità di tre o quattro migliagno i 24 ore nell'Adriatico e dodici nel Mediterraneo, e tenendo il suo filone a circa 3 miglia dal lido, ossia nel centro della zona che occupa.

V'ha chi opina che l'azione sensibile di questa corrente giunga a circa 8 metri di profondità. Ma dovendosi considerare che la scala della velocità è decrescente nelle correnti dalla superficie al fondo, questa opinione sembra un poco avanzata, vista la tenuissima velocità superficiale sopra notata. L'Autore racconta di aver notato nel 1857 a mare perfettamente calmo e limpido, che alla profondità di metri 260 e a 500 metri di distanza da terra, la corrente littoranea non avea forza di movere le alghe piegandole nella sua direzione. Dalla quale osservazione non che da valevoli autorità citate, è condotto a concludere che tutto al più, e nei punti ove la corrente è viva molto, dessa può avere sul fondo la velocità di metri 0, 15 per minuto secondo, come fu riscontrato nelle vicinanze del porto di Cette da Le Bourggoon-Duperrè

Ma quale è la velocità necessaria perchè una corrente possa corrodere il fondo su cui defluisce e trasportarne i detriti? Dessa è certamente diversa secondo la natura di esso fondo: e le osservazioni fatte su questo conto hanno dimostrato che la velocità di metri 0, 15 a secondo, occorre per trasportare l'argilla tenera, mentre per l'arena ordinaria è necessaria la velocità di metri 0, 305, e per le ghiaje e ciottoli del volume di un uovo di gallina, la molto maggiore di metri 0, 675. Dunque a questi riscontri, egli è certo che la corrente littoranea avrà per campo di azione una zona di larghezza ben limitata, e per soggetto alla attività sua le sole argille impalpabili. E tutto questo a mare calmo. Che sarà se spirino venti contrarî alla sua direzione? Facile è la risposta. L'azione della corrente littoranea sarà nulla finchè spireranno quei venti. Anzi ad essi saranno dovuti effetti contrari a quelli che alla corrente littoranea si vorrebbero attribuire. Vale a dire che il trasporto dei materiali ostruttivi avverrà in direzione dei venti anzichè in quella della corrente. E vaglia il vero, se li effetti esser debbono proporzionali alle cause che li producono, quelli della tenuissima corrente littorale non potranno mai prevalere a quelli dei flutti correnti, la di cui smisurata forza è stata tanto bene descritta dal sig. Cialdi nel capitolo 2.° e 3.° di questo libro.

Le obiezioni elevate contro tale conclusione, anco da idraulici autorevolissimi, sono state combattute, ed a me sembra trionfalmente, dal nostro autore. Si è detto che l'azione della corrente littorale è prevalente perchè continua: ed il Cialdi ha dimostrato che breve ora di burrasca e di flutti correnti in direzione contraria, basta a distruggere il lavoro, anco lungo, della corrente, e ne ha citato in prova con molta opportunità, le mutazioni che avvengono nella direzione delle foci

agli sbocchi dei fiumi dopo breve corso di vento contrario. Ha poi soggiunto che i tempi di vera calma, per completo tacere dei venti regnanti e dominanti, sono più che non credasi brevissimi.

Si è creduto di provare la prevalenza della corrente littoranea sui flutti nella produzione degl'insabbiamenti; ed il sig. Cialdi ha provato con i fatti medesimi la verità della sua opposta teoria. Perchè ha mostrato che nello stesso mare, ove la corrente littoranea ha direzione unica, gli insabbiamenti sulle opere avanzate per difese dei porti avvengono in direzioni opposte, obbedendo quindi non alla direzione della corrente ma sivvero a quella dei flutti svegliati dai venti varii, che sono dominanti e regnanti nei diversi punti del littorale. E qui trovan luogo tre bellissime osservazioni. La prima che siccome lo spirito della corrente littoranea è distante circa 3 miglia dal lido, e non vi è opera che di gran lunga si avanzi tanto nell'Adriatico, effetti sensibili su di esse a quella corrente non si saprebbero attribuire. La seconda dovuta al De La Beche che quando le correnti maree passano sopra fondi di sabbia a qualche piede di altezza, sia pure colla velocità di due o tre miglia l'ora non producono alterazione sul fondo medesimo, perchè, come fu detto, il movimento dell'acqua non rimuove sensibilmente la sabbie. — La terza che mentre nell'avvicinarsi alla riva la corrente littoranea perde forza in virtù degli attriti del fondo, le onde all'incontro ne acquistano, essendoci più completamente franto e terminando col disporsi e perdersi parallele al lido contro del quale sono in origine più o meno dirette.

Si è obiettato inoltre che dopo lungo volgere di secoli sarebbesi dovuto oramai stabilire l'equilibrio fra l'azione escavatrice dei flutti e la resistenza del fondo, sicchè a detta azione attribuire non si possa più oltre

quella protrazione dei lidi, che tuttavia si riscontra puranco nelle spiaggie lontane dallo sbocco dei fiumi. A questo si potrebbe rispendere che se la obiezione avesse paso, varrebbe prima di tutto anco contro la corrente littoranea: perchè tanto questa, quanto i flutti hanno per così dire il medesimo campo di azione, e possono agire proporzionatamente alle loro forze, sì sul fondo del mare, sì sulla materie che vi depongono i fiumi.

Il sig. Cialdi si è fatto carico anco di quella obiezione. Ha dimostrato però che tanta è la copia dei materiali somministrati dalla vegetazione e dalla produzione animale marina, da rinnovare continuamente la materia su cui l'azione scavatrica e traslatrice delle onde si esercita, anco là dove le correnti dei fiumi non ne forniscano. Anzi la copia delle osservazioni da esso fatte e la somma delle Autorità consultate lo portano a concludere che in generale i materiali forniti dal mare prevalgono su quelli terrestri nella protrazione dei lidi, ed a classare come segue i sedimenti che si riscontrano nel Mediterraneo e nell'Adriatico.

	Mediterraneo	Adriatico
Materie fornite dagli affluenti terrestri	30	35
Dette dalla corrosione delle coste marine.	20	5
Dette dai corpi organici . . .	50	60
	100	100

Così egli è tratto a confermare anche una volta che le corrosioni dei lidi, il loro protendimento, lo sbocco dei fiumi, l'insabbiamento dei porti e delle opere che gli difendono, dipendono massimamente dall'azione escavatrice, e dal moto di trasporto dei flutti, anzichè da quello delle correnti marine, dello quali nonostante consiglia tenersi conto perchè sono efficaci, specialmente quando la direzione loro collima con quella dei venti regnanti e dominanti su di una spiaggia. E ciò sebbene la potenza delle correnti sia sempre inferiore a quella dei flutti e possa essere da questi anco totalmente paralizzata e respinta.

Egli era ben naturale che lo ingegno non solo speculativo, ma eminentemente pratico del signor Cialdi cercar dovesse una applicazione alle verità dimostrata con tanto studio e tanta perseveranza, e la cercasse in un soggetto di massima utilità. Egli lo scelse nella disposizione dei moli e delle altre opere idrauliche che si costruiscono per la sicurezza e per la buona pratica dei porti canali.

Vorrebbe su questo conto che le dighe, i moli o altre consimili opere che si costruiscono dalla parte di sopravvento, cioè da quella donde proviene la maggior copia dei materiali ostruttivi non si facessero rettilinee nè continuate fino alla loro estrema punta in mare, ma si curvassero con una certa regola. E giunte ad una data distanza dal lido, da determinare luogo per luogo, vorrebbe si interrompessero lasciando un' apertura per la quale in tempo di burrasca passar potessero i flutti correnti, quasi come se fossero incanalati. E poichè l'apertura dovrebbe restare più dentro in mare della opera sottovento che forma il secondo braccio del Porto Canale, così ei crede che l'azione dei flutti varrebbe a sbarazzare la foce dalle materie che la corrente fluviatile avesse

depositato nella stessa foce costituente il porto. Vorrebbe che questa efficacia de' flutti fosse fatta più viva da un braccio dell'opera sopravvento piegato a squadra, sull'origine dell'apertura e diretto contro la provenienza dei flutti. Desso farebbe sentine, trattenendo dietro di sè in luogo di facile scavazione e trasporto le materie provenienti dal largo e colla sua rigidezza dovrebbe ribattere i flutti verso l'apertura e produrre un che di simile a quanto avviene nei fiumi all'incontro di qualunque ostacolo, e più specialmente al passaggio delle piene fra le pile dei ponti. Dovrebbe cioè formare al di sotto di sè una cavità, un gorgo, verso del quale sarebbero chiamate anco più vive ed efficaci le acque della fiumana.

L'autore, dopo aver detto che proposta da esso tale disposizione di moli al nuovo Porto Canale di Pesaro, venne approvata dal governo Pontificio previo esame fattone da uomini competentissimi, fra i quali basterà citare il chiarissimo professore Maurizio Brighenti, fa caldi voti perchè vogliasi applicare anco allo sbocco del tanto celebre Canale di Suez in Porto Saido.

A proposito di questa disposizione nell'armatura dei Porti-Canali e della ultima invocata applicazione, il chiarissimo signor De Tessan, riferendo sul libro in esame all'Accademia delle scienze di Francia, disse esser da credere che prima di tentare tanto grandioso esperimento si vorrà conoscere il resultato di quello più piccolo che sta facendosi a Pesaro. Perchè, sebbene l'espediente proposto dal signor Cialdi sia *razionalissimo*, potrebbe temersi che le onde allargandosi allo sbocco dello imbuto (*entonnoir*) che lo dirige, depositino nell'ingresso del canale i materiali che trasportano, e potrebbe temersi inoltre che i bastimenti che tenteranno l'ingresso soffiando i venti regnanti, non siano troppo

esposti a mancarlo, essendo presi di fianco e portati sotto vento dalle onde fatte più potenti per la loro concentrazione.

Il signor Cialdi accò di questi due dubbj si è fatto carico, rispondendo quanto al primo che se anco i depositi avvenissero, siccome sarebbero a sottovento della diga si potrebbero più facilmente esportare; di che ne conveniva lo stesso signor De Tessan. E quanto al secondo dubbio, risponde che quand'anche la entrata dei bastimenti nel porto fosse difficultata dalla concentrazione delle onde, dessi troverebbero sotto vento alla diga isolata costituente il prolungamento della diga ordiente dal lido, un posto comodo ed utile nel più gran numero dei casi ed un rifugio sufficiente in caso di mare grosso. Ed io non pratico del gioco delle onde sui bastimenti, mi azzardo a soggiungere quanto al primo dubbio che difficilmente i temuti depositi potrebbero avvenire. Ed invero, le onde al sortire dall'imbuto aver dovranno una velocità proporzionata all'altezza del regurgito prodotto dai due capi della diga interrotta e dall'urto nella scogliera, quindi una velocità molto superiore a quella impressa loro dallo spirare dei venti e dal frangersi sul fondo del mare. E se tale velocità si manterrà, come par certo, superiore per qualche tempo a quella inerente alla sola azione dei venti, avrà pur anco forza di trasportare e di spiegere per un certo tratto molti più materiali di quanti ne traeva seco per effetto della velocità iniziale, e quindi sbarazzerà la foce. Essendo noto che la quantità dei materiali trasportati da una corrente è direttamente proporzionale alla velocità sua, pari le altre circostanze. Non pare probabile che questo aumento di velocità prodotto dal regurgito debba cessare appena varcato l'ostacolo che lo produce. Ciò non avviene certamente

nei fiumi, ove a ridosso dei pennelli si trova sempre un gorgo, prodotto appunto dalla celerità maggiore che le acque prendono nel sormontare l'ostacolo e nello scaricarsi al di sotto di esso E molto meno si potrebbe concepire che dopo varcata la bocca resultante dalla interruzione della diga, le onde dovessero perder subito non solo la maggiore velocità concetta nel passaggio, ma inoltre una parte della iniziale, sicchè dovesse avvenire piuttosto un insabbiamento che una escavazione.

Contro l'espediente proposto dal nostro autore alzò la voce anco un anonimo pubblicando un articolo molto artificioso nel *Movimento Scientifico*, giornale modenese Il signor Cialdi ne svelò e ne ributtò l'artifizio, tornando ad insistere perchè lo espediente sia messo in prova. Io credo che tale debba essere il desiderio di tutti coloro che amano il progresso del benessere sociale della scienza

Ed invero la interruzione delle opere sopravvento non porterà maggior dispendio anco quando fosse chiarita nociva dalla esperienza. Si farà dopo qualche tempo quello che tutto in una volta si farebbe, quando l'opera si volesse continuata La maggiore spesa starà tutta nella scogliera a squadra destinata a spingere e ributtare le onde nell'apertura E il rischio della maggiore spesa sarà ben piccola cosa a petto dell'immenso benefizio che si sarebbe acquistato quando la prova riuscisse a bene. Lo dirò colle medesime parole del chiarissimo signor De Tessan « Se l'esperienza si pro- « nunzia in favore dell'espediente proposto dal signor « Cialdi........ egli avrà reso un immenso servizio alla « navigazione ed al commercio, perchè non i soli porti « ed i corsi d'acqua del littorale mediterraneo sono « sottoposti agl'interrimenti ed alle ostruzioni, ma sono

« nel medesimo caso anco quelli delle coste della Ma-
« nica e dell'Oceano, e quelli delle coste del mondo
« intiero, e fino al presente l'arte con incessanti la-
« vori è riuscita soltanto a spostare l'ostacolo, senza
« poter giungere a farlo sparire ».